

Высшее профессиональное образование
БАКАЛАВРИАТ

С. В. НАЧИНСКАЯ

СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

*Учебник
для студентов учреждений
высшего профессионального образования*

4-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 796/799(075.8)
ББК 75.1я73
Н366

Рецензенты:

доктор педагогических наук, профессор Педагогического института физической культуры МГПУ, заслуженный работник физической культуры и спорта *В. Г. Никитушкин*;

доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физического воспитания Рязанского государственного радиотехнического университета *А. Н. Тамбовский*

Начинская С. В.

Н366 Спортивная метрология : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 240 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-9264-5

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Педагогическое образование» профиль «Физическая культура» (квалификация «бакалавр»).

В учебнике рассмотрены основы измерений и контроля двигательной деятельности спортсменов, даны авторские разработки в области спортивного моделирования. Большая часть учебника отведена основам спортивной статистики, которая представлена здесь как самостоятельная отрасль педагогических знаний, позволяющая не только обрабатывать исходные данные, но и создавать принципиально новые направления.

Учебник предназначен студентам факультетов физической культуры высших педагогических учебных заведений, а также студентам институтов физической культуры.

УДК 796/799(075.8)
ББК 75.1я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Начинская С. В., 2011

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-7695-9264-5

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник «Спортивная метрология» написан с привлечением основ спортивной статистики. Такого рода издание предлагается читателю впервые.

Спортивная метрология, как одно из современных научных направлений в образовательной области по физической культуре, отвечает на два основных вопроса: как измерить и выразить числом те явления и процессы, которые происходят в физической культуре и спорте, и как их математически обработать? Ведь численная мера позволяет выявить тенденции и закономерности, определить базовые понятия в науке о спорте.

В основном численные измерения проводятся в области контроля спортивной деятельности. В частности, контролируются функциональное состояние человека в процессе его спортивной деятельности, возможности и особенности адаптации организма к различного рода нагрузкам, характер двигательной активности и технико-тактические показатели двигательной деятельности.

Базовыми численными данными являются функциональные и механические параметры, для измерения которых используют специальные приборы и устройства. Технические особенности таких приборов и их устройство не являются предметом тщательного изучения в спортивной метрологии и поэтому в данном учебном пособии не рассматриваются, приведен только перечень этих приборов и показано, каким образом их можно использовать для получения необходимых числовых значений для оценки той или иной спортивной деятельности. Однако следует помнить, что точность измерений полностью зависит от работы измерительных приборов и весьма относительна, так как объектом исследований спортивной метрологии является человек, уникальный по своей природе, а в данном случае, и спортивным качествам.

Учебник состоит из пяти глав.

В первой главе, посвященной основам измерений в физической культуре и спорте, рассматриваются способы измерения физических величин и основные показатели спортивной метрологии. Большое внимание уделено основам измерения — нормам, которые играют важную роль в спортивной метрологии, характеристике средств и шкал измерений, а также объектов измерений в спортивной метрологии (например, показатели спортивной на-

грузки, показатели уровня физической подготовленности спортсменов, технико-тактические показатели и др.).

В последующих четырех главах, посвященных спортивной статистике как самостоятельной отрасли знаний, рассматриваются законы статистики и приводятся примеры, где используются статистические методы, применяемые для физической культуры и спорта с педагогических позиций.

В этих главах рассказывается о способах проведения первичной обработки спортивных материалов, тестирования и моделирования, выявления тенденций и закономерностей спортивных процессов, а также о возможностях использования статистических методов.

В учебнике дается подробная характеристика методов первичной обработки статистического материала: метод средних величин, выборочный метод, метод корреляционного анализа, используя различные виды и способы корреляции, метод прогноза (например, графический метод экстраполяции, метод скользящей средней и т. п.), метод индексов, метод корреляционных плеяд, а также рассматриваются дисперсионный анализ, латентный анализ, контент-анализ, комбинированный анализ, квалиметрия, анкетирование и т. д.

Широко представлены материалы по проведению тестирования и моделирования, опираясь на принципы статистического перебора и разнонаправленные модели спортивных задач (например, тактических, технических, режимных и др.). Представленные модели спортивной статистики являются результатом авторских разработок, защищенных на многочисленных экспертных, статистических и педагогических советах.

В конце учебника даны приложения и словарь основных терминов и понятий.

Глава 1

ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТЕ

1.1. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Физическая величина (ФВ) — свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Понятие физической величины применяется к тем свойствам физических объектов или их характеристикам, которые поддаются измерению. Для измерения физической величины используются такие параметры и характеристики физических объектов, как масса, температура, длина, объем и др.

Физическую величину можно определить по следующей формуле:

$$Q = q[Q], \quad (1.1)$$

где Q — измеряемая ФВ; $[Q]$ — единица измерения ФВ; q — числовое значение ФВ.

Значение ФВ определяется в результате измерения. **Измерение** ФВ — это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. В основе всякого измерения лежит принцип измерений. Каждому измерению присуща погрешность измерения. Обработка результатов измерения производится статистическими методами.

Простейшими методами измерения являются *метод непосредственной оценки*, при котором значение ФВ определяется по показаниям измерительного прибора (например, сила тока — ампер (А) по шкале амперметра и т.д.); *метод сравнения с мерой*, при котором ФВ сравнивается с определенной установленной мерой (например, масса тела (кг, г) с гирями (кг, г) на рычажных весах), и др.

Измерение физической величины можно проводить прямым или косвенным методами. При *прямом методе измерения* ФВ определяется опытным путем (например, длина дистанции, время забега т.д.). При *косвенном методе измерения* ФВ вычисляется на основании известной зависимости физических величин друг от друга, полу-

Таблица 1.1

Международная система единиц (СИ)

Величина	Обозначение		
	наименование	русское	международное
<i>Основные единицы измерений</i>			
Длина, l	метр	м	m
Масса, m	килограмм	кг	kg
Время, t	секунда	с	s
Сила электрического тока, I	ампер	А	A
Термодинамическая температура, T , θ	кельвин	К	K
Сила света, J	кандела	кд	cd
Количество вещества, n	моль	моль	mol
<i>Дополнительные единицы измерений</i>			
Плоский угол, α , β , γ , φ	радиан	рад	rad
Телесный угол, Ω	стерадиан	ср	sr

ченных опытным путем (например, определение величины средней скорости спортсмена от длины дистанции и времени забега и т.д.). Таким образом, q — числовое значение физической величины, определяется в процессе измерений.

Единица измерения ФВ $[Q]$ представляет собой размерность данной величины. *Размерность* — это соотношение физических величин, показывающее, как изменяется единица какой-либо ФВ по отношению к основным единицам измерения.

Основные единицы измерения определяются по Международной системе единиц (СИ — Система Интернациональная), которая была принята в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам. Принцип создания СИ основан на семи основных и двух дополнительных единицах измерения (табл. 1.1).

Существуют также *внесистемные единицы измерения*, которые не входят в систему СИ (например, единица мощности, изымаемая из обращения, — лошадиная сила (л.с.); единица времени, равная суткам, и т.п.). Кроме основных, дополнительных и внесистемных единиц измерения нередко используются кратные и дольные единицы измерений. *Кратная единица измерения* — это единица, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы (например, километр, мегаватт, тонна и др.). *Дольная единица измерения* — единица, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы (например, миллиметр, микросекунда и др.). Для образования кратных и дольных единиц измерения используются специальные приставки (табл. 1.2).

Образование кратных и дольных единиц измерений

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		русское	международное
$1\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{18}$	экса	Э	E
$1\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{15}$	пета	П	P
$1\,000\,000\,000\,000 = 10^{12}$	тера	Т	T
$1\,000\,000\,000 = 10^9$	гига	Г	G
$1\,000\,000 = 10^6$	мега	М	M
$1000 = 10^3$	кило	к	k
$100 = 10^2$	гекто	г	h
$10 = 10^1$	дека	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
$0,01 = 10^{-2}$	санتي	с	c
$0,001 = 10^{-3}$	милли	м	m
$0,000001 = 10^{-6}$	микро	мк	μ
$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000000000001 = 10^{-12}$	пико	п	p
$0,000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	а	a

Обычно ФВ выражаются в абсолютных или относительных величинах. *Абсолютные величины* — это именованные числа, выраженные в определенных единицах измерения (вес, объем, длина, масса, скорость и т.д.). *Относительные величины* показывают результат сравнения чисел и выражаются в процентах, частях и т.д. (например, 1% есть сотая часть от общего числа). Число, согласно которому определяется относительная величина, называется *базой сравнения* (например, сравнивая максимальную и реальную мощность спортсмена, его реальная мощность составляет 75% от максимальной, которая в данном случае принята за базу сравнения).

1.2. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Спортивная метрология — отрасль знаний, посвященная изучению методов и способов измерений ФВ в физической культуре и спорте (ФКС).

Основные единицы измерений в спортивной метрологии:

длина — метр (м), сантиметр (см), миллиметр (мм);
масса — килограмм (кг), грамм (г), миллиграмм (мг);
время, период — секунда (с), минута (мин), час (ч);
сила электрического тока — ампер (А);
температура — Кельвин (К), градус Цельсия (°С).

Производные единицы измерений в спортивной метрологии:

сила — ньютон ($1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$);
скорость — метр в секунду (м/с);
объем — литр (л);
угол поворота — градус угловой (... °), радиан (рад);
темп (частота) движений в секунду (с^{-1});
ускорение — метр на секунду в квадрате ($\text{м}/\text{с}^2$);
момент инерции — килограмм-метр в квадрате ($\text{кг} \cdot \text{м}^2$);
момент силы — ньютон-метр ($\text{Н} \cdot \text{м}$);
импульс силы — ньютон-секунда ($\text{Н} \cdot \text{с}$);
мощность — ватт (Вт).

Основные и производные показатели спортивной метрологии:

кинетическая энергия — Дж;
потенциальная энергия — Дж;
скорость потребления кислорода — мл/мин;
метаболический эквивалент — МЕТ (количество кислорода, потребляемого в 1 мин на 1 кг массы тела);
частота сердечных сокращений — ЧСС (уд./мин);
легочная вентиляция — ЛВ (л/мин);
лактат в крови — мг %; ммоль/кг; ммоль/л;
анаэробная мощность — ккал/мин;
максимальное потребление кислорода — МПК (л/мин);
мощность работы — ккал/мин;
концентрация глюкозы в крови — мг %;
максимальная аэробная мощность — % МПК;
максимальный кислородный долг — мл/кг;
жизненная емкость легких — ЖЕЛ (л);
легочная вентиляция — л/мин;
парциальное напряжение O_2 в артериальной крови — мм рт.ст.;
порог анаэробного обмена — ПАНО — % от МПК;
максимальный сердечный выброс — л/мин;
общий объем сердца — см^3 ;
относительный объем сердца — $\text{см}^3/\text{кг}$;
скорость потребления кислорода — л/мин;
мощность фосфагенной системы — Вт/с;
емкость анаэробной системы — кал/кг.

Если рассматривается соотношение абсолютных величин, то показатель становится относительным, например: сердечный выброс спортсмена — A (л/мин), максимальный сердечный вы-

брос — B (л/мин), отношение этих величин представляет собой безразмерную величину $k = A/B$.

Кроме того, в практике ФКС широко распространен подсчет каких-либо действий спортсмена: количество элементов защиты и нападения, количество повторений определенных упражнений и т.д.

Представленные выше единицы измерений составляют основу для количественных исследований в ФКС. Исходные данные, выраженные в этих единицах, используются для практических измерений, которые осуществляются с помощью специальных приборов и устройств — средств измерений.

1.3. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Работа спортсмена проходит в пространстве и во времени с приложением мышечных усилий. Поэтому задача исследователя ФКС — измерять и анализировать показатели пространства, силы, напряжения мышц спортсмена, времени действий и скорости движений испытуемого.

Кроме того, важны показатели, производные от основных измерений, а также всевозможные подсчеты, например выполнений упражнения (раз); повтора элементов, примененных в соревновании; выполнения возможных действий в единицу времени и т.д.

В практике ФКС эти показатели измеряются с помощью общепризнанных средств измерений.

Показатели пространства — это показатели, определяющие, например, длину дистанции, высоту снаряда, глубину сооружения, объекта и т.д. Эти показатели измеряются в километрах, метрах, сантиметрах и миллиметрах с помощью измерительных средств: сантиметра, линейки, рулетки и т.п.

К показателям пространства относятся также показатели измерения углов.

Прибор для измерения углов называется **гониометр** (от лат. *го-нио* — угол). Известны два вида гониометра — механический и электрический.

Механический гониометр — это транспортир большого размера. Он используется для того, чтобы определить, например, величину угла между бедром и голенью. Для этого одна сторона транспортира с нулевой отметкой прикладывается к бедру, а другая — к голени. Зафиксировав угол между бедром и голенью, можно увидеть его величину на шкале транспортира.

Основу **электрического гониометра** составляет реостат в форме тора (бублика). Нулевой торец реостата соединяется с неподвижной стороной угла (например, с бедром), а ползунок реостата

прикрепляется к подвижной стороне угла (например, к голени). Любой угол между бедром и голенью спортсмена соответствует определенному положению ползунка и определенному сопротивлению реостата. Таким образом, на приборе, к которому подключен реостат, показания сопротивления меняются пропорционально исследуемому углу. Измерительный прибор (как правило, это амперметр или вольтметр) позволяет сразу считывать показания величины исследуемого угла.

Показатели силы спортсмена очень разнообразны. Можно измерять становую силу, силу рук и ног, силу кистей, силу определенных групп мышц и т.д. Приборы, с помощью которых измеряют показатели силы, называются *динамометрами* (от греч. *динамомис* — сила). Процесс измерения показателей силы — динамометрия — проводится для фиксации статистического и динамического проявления силы.

При измерении статистического проявления силы определяют силу мышц спортсмена как таковую. В этом случае применяют простейший измерительный прибор — *пружинный динамометр*. Его основным элементом является специальная пружина, которая перемещается вдоль неподвижных направляющих. При сжатии пружины ее длина уменьшается пропорционально приложенной силе. Оценив уменьшение длины пружины, можно определить мышечную силу спортсмена.

При измерении динамического проявления силы, как правило, пользуются *электрическим динамометром*, основу которого составляет тензодатчик — небольшой электрический прибор, включающий три основных элемента: пружинку, изменяющую сопротивление под действием силы, измерительный прибор (амперметр) и источник питания (рис. 1.1). Под действием силы спортсмена пружинка сжимается, вызывая изменения сопротивления в сети. Измерительный прибор (амперметр или вольтметр) показывает эти изменения. Кроме того, неравномерность проявляемой спортсменом силы легко улавливается прибором. В этом случае прибор показывает разную силу тока.

Таким образом, показания изменения сопротивления в сети меняются в соответствии с приложенным усилием спортсмена. Тензодатчик, имея небольшие размеры, не зависит от сетевого источника питания и может работать от батареек, что весьма удобно для измерения силы спортсмена в любых условиях.

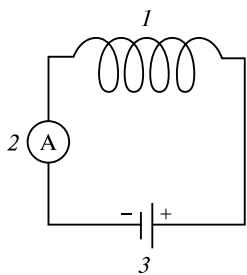


Рис. 1.1. Схема тензодатчика:

1 — пружинка, изменяющая сопротивление под действием усилия; 2 — измерительный прибор; 3 — источник питания

Тензоплатформа также является электрическим динамометром и используется в тех случаях, когда спортсмен занимает большую площадь и прикладывает значительные усилия (например, тяжелоатлет, поднимающий штангу). Она представляет собой прямоугольную площадку, на углах которой размещены четыре тензодатчика. Для того чтобы датчики работали слаженно и одновременно, устанавливают специальное уравнивающее электроустройство.

Согласно системе СИ единицей измерения силы является ньютон (Н). Вместе с тем пружинные динамометры тарированы в старых единицах системы СГСЭ — килограмм-сила (кгс): 1 кгс — сила, сообщаящая массе международного прототипа килограмма ускорение, равное $9,80665 \text{ м/с}^2$, в направлении действия силы. $1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н}$.

Показатели времени называются **хронометрами** (от лат. *хронос* — время). Простейший хронометр — *секундомер*, который работает по принципу часового механизма. Он легок, удобен в пользовании и доступен в приобретении.

Существуют также приборы для измерения показателей, производных от показателей силы, времени и пространства. К ним относятся спидограф, акселерометр и миограф.

Прибор для измерения скорости передвижения спортсмена называется **спидографом**. Простейшим является так называемый *спидограф В. М. Абалакова*. Принцип его работы заключается в следующем: на пояс спортсмену прикрепляют катушку с нитью. Конец нитки фиксируют на старте. Во время бега нить на катушке разматывается, а вращение самой катушки характеризует скорость бега спортсмена. Измеряя количество оборотов катушки, время забега и дистанцию, соответствующую одному обороту катушки, определяют скорость бега спортсмена.

Для более точного измерения скорости передвижения спортсмена используют *спидограф*, основанный на *эффекте Доплера*. Принцип его действия таков: на спортсмена во время бега направляется ультразвуковая волна, параметры которой измеряются. Разности частот этих волн характеризуют скорость бега спортсмена.

Прибор для измерения ускорения называется **акселерометром** (от лат. *акселеро* — ускорять). Прибор состоит из двух цилиндров: один — внешний большой, а другой — внутренний малый. Первый цилиндр заполнен жидкостью, в которой перемещается второй цилиндр от одного торца до другого. Оба торца внутреннего малого цилиндра подключены к электрической цепи. Малый цилиндр перемещается в гидросреде по инерции. Такое перемещение прямо пропорционально ускорению. Шкала акселерометра имеет градацию, равную ускорению свободного падения тела, т.е. $9,8 \text{ м/с}^2$.

Прибор для измерения напряжения мышц — *миограф* (от лат. *мио* — мышца) — состоит из электродов, электрических проводов, источника питания, усилителя и шкалы. На теле человека имеются небольшие электрические потенциалы и если к ним подсоединить электрическую цепь со слабым источником питания, усилителем электропотенциалов и показателем тока (амперметром или вольтметром), то на шкале прибора можно увидеть результаты исследований. При этом показатели будут различными, и в зависимости от того, напряжены мышцы или находятся в спокойном состоянии, возможно оценить их работу во время спортивной деятельности определенного характера. С этой целью созданы специальные датчики — электроды в форме пластинок или иглоек, которые монтируются в цепь и позволяют измерять напряжение мышц.

Большую роль в практике ФКС играют *фото-* и *киносъемки*. Перемещаясь в пространстве, спортсмен находится в постоянном движении. Различные группы его мышц работают неравномерно и имеют разные временные показатели. Для досконального исследования такой работы существуют средства, пригодные для измерения лишь какого-либо одного показателя. Иногда эти средства громоздки и затрудняют саму работу спортсмена. В связи с этим фото- и киносъемки представляют идеальную возможность для наблюдений и экспериментов. Зафиксировав действия спортсмена в кульминационный момент на фотоснимке, исследователь получает результат, который можно тщательно изучать. На таком снимке, как правило, проводятся вертикальные, горизонтальные и осевые линии. Зная параметры спортсмена, можно определить расстояния между отдельными точками на его теле и транспортиром измерить углы. Способ фотосъемки позволяет хорошо изучить технику спортсмена.

Киносъемка имеет еще большие возможности, чем фотосъемка, так как кадр за кадром фиксируются различные положения тела спортсмена, позволяющие детально изучить технику действий. Кадры киноплёнок, отпечатанные на бумаге, называются *кинограммами*. На них, в частности, исследованию подлежат кинематические характеристики движения и траектории движущихся элементов тела.

Циклограмма представляет собой киносъемку траектории точек тела спортсмена на фоне темной стены в темной одежде. К исследуемым точкам тела спортсмена (голове, коленям, плечам и т.д.) прикреплены электролампочки, которые на циклограмме отражаются только в виде траектории точек.

Применяются и другие способы съемок — в зависимости от характера спортивной работы и задач исследования.

Отметим две важные особенности работы с приборами и средствами измерений. Первая особенность заключается в том, что опи-

санные выше приборы и устройства не являются единственными в ФКС. Это в основном относится к медицинским исследованиям, где используются приборы для измерения состава крови, работы сердечной мышцы, дыхательной и выделительной систем, ЧСС и т.д. Кроме спортивных применяются также различные методы, позволяющие надежно оценить кинематические параметры движений, например, подсчет чего-либо, шагомеры и др.

Вторая особенность относится к точности измерений ФВ и проведению расчетов. Технические измерения зависят от чистоты поверхности деталей и точности измерительных приборов, работа с которыми проводится по специальным инструкциям, а контроль осуществляется с привлечением специальных служб. В отличие от технических измерений спортивная деятельность предполагает следующие моменты: объектом исследования ФКС является спортсмен, от индивида к индивиду варьируются антропометрические показатели, параметры функциональных систем, результаты адаптации и т.д. Даже в течение одного дня показатели объекта исследования непостоянны, поэтому исследователей более всего интересуют склонности, возможности, особенности спортсмена и т.д. Точность исследований зависит от точности показаний средств измерения, на которые необходимо ориентироваться.

Теория погрешностей, на которой основано метрологическое обеспечение техники, в исследовательской практике ФКС практически не нужна.

1.4. ШКАЛЫ

Привлекая к работе различные приборы и устройства, исследователь постоянно работает со шкалами.

Шкала (от лат. *скале* — лестница) — элемент счетной системы, посредством которого происходит отнесение исследуемого объекта к определенной группе объектов.

Понятие «шкала» употребляется в двух значениях. Во-первых, на шкале фиксируются показания отсчетного устройства прибора. В этом смысле шкала содержит набор определенных условных знаков. Указатель прибора, останавливаясь на каком-либо знаке, фиксирует изменение тех или иных измеряемых параметров. Например, шкала амперметра представляет собой линейку с делениями, каждое из которых соответствует определенному количеству ампер. Остановившись на делении 2 А, указатель фиксирует силу тока в сети, равную двум амперам.

Промежуток между соседними отметками шкалы называется *делением шкалы*. *Цена шкалы* — это значение измеряемой величины, соответствующее расстоянию между двумя соседними деле-

ниями шкалы. Установление цены шкалы осуществляется посредством *тарирования*.

Пример 1.1. Выявление цены шкалы акселерометра осуществляют следующим образом. Акселерометр бросают вниз, имитируя свободное падение тела. При этом его указатель останавливается на делении шкалы с отметкой 1,96. Это означает, что ускорение свободного падения тела, равное $9,8 \text{ м/с}^2$, на шкале данного прибора соответствует делению 1,96. Таким образом, $9,8 \text{ м/с}^2$ равно 1,96 делению шкалы, а одно деление шкалы равно x . Составим следующее уравнение:

$$\frac{1,96}{1} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{x \text{ м/с}^2}.$$

Отсюда

$$x = \frac{1 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{1,96} = 0,2 \text{ м/с}^2.$$

Итак, цена деления акселерометра равна $0,2 \text{ м/с}^2$.

Во-вторых, шкала представляет собой определенную систему, осуществляющую классификацию объектов. В этом смысле может быть множество шкал в зависимости от количества упорядочивающих систем. Самыми распространенными и общепризнанными шкалами являются номинальная шкала, шкала порядка, интервальная шкала и шкала отношений.

По *номинальной шкале* (от лат. *номе* — имя) классифицируют объекты в соответствии с условными показателями. Например, спортсмены, участвующие в кроссе, одеты в майки разного цвета. Введем в качестве условных показателей семь цветов радуги. Подсчитаем, сколько спортсменов участвует в кроссе в майках каждого цвета. В этом случае перечисление семи цветов радуги есть номинальная шкала.

Шкала порядка — это ряд натуральных чисел, расположенных в восходящем или нисходящем порядке. На основе установленного порядка определяется классификация объектов. Например, при определении порядкового места для каждого объекта по исследуемому признаку в процессе выполнения какого-либо теста места распределились так: первое, второе, третье и т.д. — это и есть шкала порядка.

Пример 1.2. Избираем совокупность объектов, состоящую из 10 единиц, из большей совокупности, включающей 100 единиц. Здесь каждая десятая единица является порядком. Это и есть шкала порядка.

Интервальная шкала — это перечень объектов, разделенный на определенные интервалы: от ... до Объекты классифицируются в соответствии с этими интервалами. Например, первая группа состоит из спортсменов ростом от 155 до 165 см, вторая — от 165

до 175 см, третья — от 175 до 185 см. Распределение спортсменов по трем группам является классификацией в соответствии со шкалой интервалов.

Шкала отношений применяется в частном случае, когда первый нижний показатель фиксируется. Например, рассмотрим рост всех людей от первичной возможной отметки 40 см до предельно возможного роста 240 см с интервалом 10 см. В этом случае уровнем отсчета шкалы отношений является нижний показатель — 40 см.

Итак, шкалы можно выстраивать по любой удобной системе, а также применять совокупность систем.

1.5. ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЙ В СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Объекты измерения в ФКС делятся на три основные группы: показатели спортивной нагрузки; показатели уровня физической подготовленности; технико-тактические показатели.

Показатели спортивной нагрузки. *Спортивная нагрузка* — это средство воздействия на организм спортсмена с целью повышения уровня его физической и технико-тактической подготовленности. Все то, что воздействует на организм спортсмена, подлежит оценке или измерению и является объектом измерения. Принято считать, что нагрузка делится на внешнюю, отражая все способы воздействия, и внутреннюю, показывая сдвиги в организме под воздействием внешней нагрузки.

Внешние нагрузки различаются по объему и интенсивности.

Объем нагрузки — это общее количество воздействий на организм спортсмена. Объем нагрузки измеряется в километрах пройденного пути, времени спортивной работы, числе повторений упражнений или отдельных элементов, количестве соревнований, в которых спортсмен принял участие, и т.д.

Интенсивность нагрузки выражается объемом нагрузки на организм спортсмена в единицу времени. Интенсивность нагрузки может быть представлена темпом, или частотой действий, скоростью, ускорением, мощностью работы, плотностью занятий, количеством соревнований в месяц и т.д.

Внутренняя нагрузка выражается показателями функционирования всех систем организма, так как именно они указывают на состояние организма, связанное с восприятием нагрузки, и на те сдвиги, которые происходят под воздействием нагрузки с течением времени, например, ЧСС; МПК; ЖЕЛ; ПАНО; O_2 -запрос — кислородный запрос; O_2 -долг — кислородный долг; процентное содержание лактата; энерготраты; энергетическая мощность, ЛВ и т.д.

Для восприятия нагрузки имеют значение также морфофункциональные и антропометрические характеристики спортсмена.

Показатели уровня физической подготовленности. Уровень физической подготовленности связан с развитием таких физических качеств, как быстрота, сила, выносливость, гибкость и ловкость.

Интегральные показатели физических качеств оцениваются посредством тестирования. Ведущие параметры измеряются. Перечислим их.

Быстрота — это способность спортсмена выполнять определенное движение за минимальное время. Эту способность можно оценить при помощи нижеприведенных показателей.

Время реакции организма на внешний раздражитель (световой, звуковой, тактильный) — один из основных показателей быстроты движений. Заметим, что за пределами оборудованной лаборатории, в условиях школы или вуза, реакцию человека можно измерить с помощью обычной школьной линейки. С этой целью испытуемый зажимает вертикально расположенную линейку в нижней ее точке между большим и указательным пальцами. Затем, разжав пальцы, он отпускает ее и максимально быстро ловит падающую линейку теми же пальцами. Шкала линейки указывает, на сколько сантиметров пальцы передвинулись вверх, т.е. это расстояние соответствует пропорциональной реакции испытуемого. Такой способ измерения реакции особенно удобен, когда измеряются показатели группы людей и нужно узнать, кто из испытуемых имеет наилучшую реакцию. Сравнение осуществляется без перевода в показатели времени, наилучший результат определяется по шкале линейки.

Иногда необходимо измерить *латентное время*, или скрытое время реакции, т.е. ту часть реакции, которая осуществляется от момента подачи сигнала до начала действия спортсмена. Для оценки латентного времени требуются специальные методики.

Время одиночного движения особенно важно в тех видах спорта, где превалируют сложная техника или однотипные действия (например, фехтование, бокс и т.д.).

Время реакции выбора оценивается в случае сложной реакции, когда тип ответа на раздражитель может быть разным и испытуемому нужно выбрать, каким именно должен быть ответ (например, вправо — влево, сильно — слабо и т.д.).

Время реакции на движущийся объект (например, стрельба по тарелочкам, движущейся мишени и т.д.) заключается в том, что некоторая часть времени реакции должна быть потрачена на упреждение движения.

Сила есть способность спортсмена преодолевать внешнее сопротивление посредством мышечных усилий. Различают *максимальную силу спортсмена* — предельный результат, больше которого он показать не может, и *среднюю силу спортсмена* — средний результат из многих попыток в одном и том же виде деятельности.

В практике ФКС используются также некоторые величины, в известном смысле производные от силы: импульс и градиент силы.

Импульс силы (I) приближенно определяется как произведение силы на время ее проявления:

$$I = Ft, \quad (1.2)$$

где F — сила спортсмена; t — время действия силы.

Импульс, характеризую силовые возможности при ударе, отличается минимальным временем действия силы.

Градиент силы (S) определяется так:

$$S = F/t, \quad (1.3)$$

где t — время проявления силы.

Градиент характеризует «взрывное» действие силы спортсмена в момент проявления этой силы: чем больше градиент, тем энергичнее «взрыв».

Выносливость — способность длительно выполнять движение, не снижая его интенсивности. Оценка выносливости обычно осуществляется посредством тестирования (см. гл. 4 «Теория тождеств»).

Идеальным тестом на выносливость принято считать тест Купера. Специальная таблица Купера позволяет установить уровень развития выносливости на расстоянии, пробегаемом за 12 мин.

Этот же тест можно выполнять «от обратного»: за сколько минут спортсмен пробегает лимитированную дистанцию.

Гибкость — способность выполнять движения с максимальной амплитудой. Обычно углы наклона измеряются гонеймером, а величина наклона — в сантиметрах. В исключительных случаях (например, шпагат, сальто и т.д.) для измерения гибкости используют рентген.

Ловкость — способность выполнять координационно сложные движения при лимите времени.

Ловкость, как правило, оценивается тестированием при помощи известных упражнений: челночный бег, быстрые повороты и т.д. Оцениваются техника и время их выполнения.

Технико-тактические показатели. Техника действий спортсмена характеризуется объемом и разносторонностью. *Объем техники* — это сумма всех специальных действий, которые спортсмен может осуществить. *Разносторонность техники* — это количество разных вариантов выполнения специальных действий.

Сумма действий и количество разнообразных вариантов определяются путем непосредственного подсчета или с помощью съемок.

Существует также понятие *устойчивости, стабильности* выполнения движения, когда при многократном повторении определенного действия техника остается неизменной.

Тактика действий — это совокупность способов ведения борьбы. В основе тактики лежат понятия *многовариантности ведения соревнований* и *выбора оптимального варианта*. Многовариантность также связана с подсчетом количества действий и их комбинаций.

1.6. НОРМЫ

Основные показатели спортивной метрологии часто представляются в виде норм. **Норма** (от лат. *norma* — руководящее начало, правило, образец) — предельно допустимые границы явления, в которых оно оптимально.

Например, для мужчин — кандидатов в мастера спорта (КМС) по плаванию вольным стилем в пятидесятиметровом бассейне разрядная норма соответствует пределам от 58,5 до 55,0 с, т. е. любой результат, находящийся в данных пределах, является оптимальным для КМС и может быть определен как норма.

Норматив — это границы нормы. В приведенном примере нормативы составили от 58,5 до 55,0 с. **Нормирование** — это процесс определения нормы и назначения норматива. В примере нормирование заключается в том, чтобы научно обосновать пределы нормативов от 58,5 до 55,0 с.

В практике ФКС приняты разрядные, индивидуальные, сопоставительные и должные нормы.

Разрядные нормы — это предельно допустимые границы спортивных достижений, в рамках которых определяется спортивный разряд.

Индивидуальные нормы — это границы или спортивных достижений, или функциональных показателей, характерные для конкретного индивида (например, у конкретного спортсмена давление обычно находится в пределах от 120/170 до 130/180 мм рт. ст.).

Сопоставительные нормы — границы значений одного и того же признака для разных контингентов. В частности, существуют возрастные нормы. Например, скоростные способности мальчиков 16 лет в беге на 30 м оцениваются по следующим показателям: от 5,2 с и выше — низкая норма; от 5,1 до 4,8 с — средняя; до 4,8 с — высокая норма.

Должные нормы — предельно допустимые границы показателей каких-либо свойств спортсмена, определяющие должное выполнение двигательного задания. Так, для эффективного выполнения прыжка в воду прыгуну необходимо показать наклон вперед от 15 до 18 см ниже уровня гимнастической скамейки.

1.7. ШКАЛЫ ОЦЕНОК

Спортивные достижения, как правило, выражаются в абсолютных числах (метр, секунда, килограмм и т. д.). Для того чтобы иметь возможность сравнить между собой показатели разных спортсменов или оценить суммарный результат одного спортсмена по разным видам спорта (например, в многоборье), такие показатели переводят в относительные числа (очки, баллы и др.). Процесс

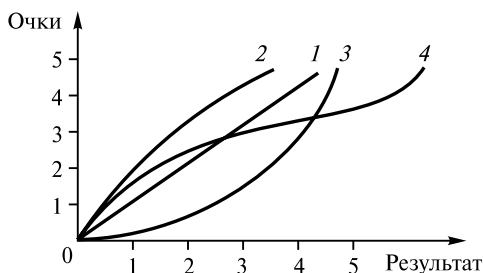


Рис. 1.2. Типы шкал оценок (в условных единицах):

1 — пропорциональная; 2 — регрессирующая; 3 — прогрессирующая; 4 — сигмовидная

перевода абсолютных величин в относительные называется *оцениванием*, а полученные относительные числа — *оценками*.

Оценивание осуществляется на основе определенных математических правил и отражается в шкале оценок, которая позволяет выявить, скольким очкам (баллам и др.) соответствует определенное число единиц спортивного результата. Таким образом, процесс оценивания представляет собой перевод абсолютных показателей в относительные посредством шкалы оценок.

В практике принято использовать четыре типа шкал оценок (рис. 1.2).

Каждый из четырех графиков отражает принцип назначения очков. Так, на графике 1 прирост результатов равен приросту очков; на графике 2 — по мере возрастания результата количество очков назначается все меньше и меньше; на графике 3 — по мере возрастания результата очков назначается все больше и больше; на графике 4 отражены фактически два участка: первый участок работает как график 2, а второй — как график 3.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое единица измерения?
2. Перечислите основные показатели спортивной метрологии.
3. Приведите пример производных показателей спортивной метрологии.
4. Что такое шкала оценок?
5. Какие бывают шкалы?
6. Перечислите объекты измерений спортивной метрологии.
7. Что такое нормы и какие они бывают в ФКС?
8. Что такое оценки и оценивание?